



人文译丛 总主编◆何怀宏

Beyond Einstein

超越爱因斯坦 ——关于世界理论的宇宙探秘

[美]米切奥·卡库 詹妮弗·汤普逊◆著

陈一新 陆志成◆译

吉林人民出版社

Jilin People's Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

超越爱因斯坦:关于世界理论的宇宙探秘 / (美)卡库, (美)汤普逊著; 陈一新, 陆志成译.
长春: 吉林人民出版社, 2010.11

(人文译丛)

ISBN 978-7-206-07182-9

I. ①超…

II. ①卡… ②汤… ③陈… ④陆…

III. ①理论物理学—研究

IV. ①041

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 196241 号

超越爱因斯坦

著 者: (美)米切奥·卡库 詹妮弗·汤普逊

译 者: 陈一新 陆志成

责任编辑: 范春萍 王海利 桑一平 封面设计: 张 迅 孙浩瀚

吉林人民出版社出版(长春市人民大街 7548 号 邮政编码: 130022)

制 版: 吉林人民出版社图文设计印务中心

印 刷: 长春方圆印业有限公司

开 本: 720mm×1000mm 1/16

印 张: 13 字数: 178 千字

标准书号: ISBN 978-7-206-07182-9

版 次: 2011 年 1 月第 2 版 印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

总 序

中国乃一文明古国，而人文精神又于其间特见其长。“周文”已灿然可观，而孔孟老庄荀韩等先秦诸子更大略厘定此后二千年中华文化发展基本格局，且时有奇葩竞放，异彩纷呈。然近代以来遇强劲欧风美雨，不免花果凋零。究其因，既有外来文明之横决，亦有自身后继之乏力。

今日世界一体，任何一种文化都不可能孤立发展乃至生存，古老的华夏文化更有从域外接引各种源头活水之亟须。百年来国人译事多多，今不揣浅陋，亦立此一“人文译丛”，名称不惮其大，俾使各种有价值译著多能收入其中，且有愿为中华人文复兴略尽绵薄之意焉。

译丛取材选目则不吝其小，且力求主题相对集中，现约略勒成数专辑：一曰西方古典思想与人物，尤以古希腊为要。二曰西方政治理论与实践，特重近代以来作为西方思想制度主流之自由民主的发展。三曰知识分子与自由市场，全球化使我们皆卷入市场经济，而人文知识分子对此的态度尤可玩味。四曰基督精神与人文，此种超越性大概正是较现实的中华人文所需特别留意处。五曰陀思妥耶夫斯基与俄罗斯思想，藉此希望国人眼光也能注意我们近邻心灵的深邃。六曰《学术思想评论》，由贺君照田主编，其中有译有评，最近几辑尤注意中西历史交叉延入“现代性”的曲折与展开。

数年来能有此初步实绩，端赖吉林出版界领导周君殿富、

胡君维革大力支持及责编与诸多译校者鼎力相助。“十年树木，百年树人”，人文复兴并非“指日可待”之事，我们愿使“人文译丛”成一长久事业，除继续充实现有专辑外，亦将开辟新专辑，并深祈此一事业继续得到各界同人的关注与支持。

何怀宏

2002年11月18日

谨识于北京西郊泓园

重版总序

凡是在出版业工作的人都知道一句行话，叫做“选题定位”，或曰“图书定位”，亦曰“市场定位”。我非常赞成这句话。一个出版社必须进行明确的选题定位，只有明确的选题定位，才能打造图书品牌乃至出版社品牌，只有有了品牌才能占领市场，出版社才能立于不败之地。

近些年来，我社的选题定位是十分明确的，就是主打国内外学术类图书。就国内的学术著作而言，我社先后出版了《中华人民共和国 60 年实录》（10 卷）、《北大哲学门》（10 卷）、《高清海哲学文存》（6 卷）、《孙正聿哲学文集》（9 卷）、《楚辞源流选集》（5 卷）、《中日甲午战争全史》（6 卷）、《毛泽东评点的帝王大传》（16 本）、《吉林省社会科学院学术文库》（6 卷）等高档次、高品位的学术著作，在国内外学术界产生了较好的影响。就国外的学术著作而言，我社先后引进出版了《人文译丛》（60 本）、《绿色经典文库》（16 本）、《大美译丛》（8 本）、《支点丛书》（10 本）、《世界经济畅销书系》（10 本）、《人类文明史图鉴》（24 本）、《西方社会科学基础知识读本》（22 本）、《美国思想史》、《西方建筑史》、《剑桥战争史》、《剑桥医学史》等在世界上较有影响的学术著作，受到了国内学术界的好评。从总体上说，图书的价值主要在“传承”和“传播”4 个字上。“传承”是就历史纵向而言，图书要为后人传承人类创获的思想文化成果；“传播”是就历史横向而言，图书要向世人传播人类创获的思想文化知识。我社出版的学术类图书，虽然远远没有达到这个境界，但我们一直向着这个方向努力。

在我社引进出版的外国学术类图书中，最有影响的是何怀宏先生担

任总主编的《人文译丛》这套丛书。何先生是一位学术精深、工作认真、待人诚恳、诲人不倦的专家学者。为编好这套丛书，他亲自确定书目、遴选译者、审阅书稿，每一本书都饱含了他的心血。功夫不负苦心人，经过10年的努力，到现在这套丛书一共出版了60本。一个地方人民出版社能够出版一套60本的外国学术著作丛书，实属不易。每当看到这套丛书时，我们总是对这套丛书的总主编何先生产生由衷的敬意。

为了更好地保护《人文译丛》这套品牌性图书，最近，我社调集30多名资深编辑，对这套丛书进行了重新出版。在重版过程中，我们主要做了以下三项工作。第一，将已经出版的《人文译丛》中的图书悉数收入，同时又从我社出版的外国学术著作中选出20本，加在《人文译丛》中，使《人文译丛》总量达到80本。第二，将收入《人文译丛》的80本图书，统一开本，统一纸张，统一版式，统一封面风格。第三，对80本图书进行重新编辑校对，对个别图书的有些文字或段落进行了处理。通过以上工作，使这套丛书更加完善了。

有人说：翻译出版一本外国学术著作，比自己撰写出版一本学术著作还要难。这话很有道理。由于我们水平有限，重版的《人文译丛》尚存在着以下三点不足。第一，有个别图书，从学科属性上讲，放在《人文译丛》中不甚合适，敬请广大读者原谅。第二，有些图书中的个别译文还不够准确，编校也不够到位，敬请广大读者指正。第三，有些图书中的思想观点，囿于历史局限，我们不能接受，敬请广大读者进行批判性的阅读。

重版《人文译丛》，对我社来说，既是一个巨大的工程，也是一项艰巨的工作。在三个多月的工作中，全体编辑、校对、照排和印制人员都付出了艰辛的劳动，令我感动不已。在此书即将付梓之际，我真有许多感谢的话要说，纸短情长，不尽一一。

胡维革

2010年9月28日

于长春百汇街寓所

引 言

写这本书的想法可以追溯到 50 年代中期，当时在加利福尼亚州长大的米切奥第一次听到统一场理论。

在看到大科学家阿尔伯特·爱因斯坦去世的消息时，米切奥正读小学四年级。他知道爱因斯坦在其一生中有很多伟大的发现，这使他世界知名，但是他还没来得及完成他最伟大的工作就去世了。这个故事使米切奥着了迷。

米切奥推想，如果爱因斯坦是这么伟大的话，那么他没有完成的计划肯定也是极棒的——一定会是他辉煌生涯的顶点。

出于好奇，米切奥查遍了帕洛·阿尔托的图书馆，想发现更多关于统一场理论的知识，但关于这个课题的书或文章一本也没有找到。有几本量子力学的大学教材，但 8 岁的米切奥觉得它们实在太难懂了。另外，它们也没能为统一场理论提供哪怕是一点点的参考。

米切奥就去找他的老师，当然也没有得到答案。即使是他后来碰到的物理学家们，在他提起爱因斯坦最后的理论时也会对他耸耸肩膀。大部分物理学家觉得人类要统一宇宙中的四种力的时机还没有成熟，或者简直就是彻头彻尾的妄想。

多年以后，当米切奥在弦理论（当时是作为强相互作用理论提出来的）方面工作时，也变得很怀疑，认为对统一场理论的寻找最后会是一场劳而无功的努力。在 20 世纪 70 年代，当物理学家约翰·薛瓦茨和约艾尔·夏克声称这种弦理论的一个更加奥妙的版本，可能就是那个传说中的使爱

因斯坦和其他物理学家都为难的统一场理论时，没有人把他当一回事。

终于在 1984 年，一个重大的理论突破看来使这一想法得到了确立。正像约翰·薛瓦茨和约艾尔·夏克所预言的那样，“超弦”似乎是统一场理论（惟一的）候选者。

尽管这个理论的许多细节还有待解决，这一发现已经毫无疑问地会动摇物理学的世界。米切奥和詹妮弗·汤普逊已经合写了一本书——《核能的两面》，再一次合作来回答 30 年前使米切奥着迷的问题“什么是统一场理论”，这看来也是很自然的了。

我们一起希望来出一本能够为好奇的外行人作引导的书。我们希望用常常只有内行人才具备的认识和眼界来写作一本涵盖了“超弦革命”的书，并且用生动的、富含信息的方式来演示这一主题。我们觉得，我们两方面经验的组合——作为一个物理学家和一个作家——从这个观点来看会做得很好。

我们也想向读者提供一个对物理学世界的综合性了解，将超弦理论放在过去 300 年的科学背景中进行展示。有许多书讲述了现代物理学的一个方面，无论是相对论、量子力学，还是宇宙学，但是忽略了物理学在更大范围的影响。《超越爱因斯坦》有所不同；我们不去论述孤立的研究领域，而是集中精力于物理学的全貌，指出在何处一个特定的理论在更大的背景图像里的位置。统一场理论与量子力学有着什么样的关系？牛顿的引力理论如何应用于超弦理论？这就是在《超越爱因斯坦》这本书中所回答的几个问题。

在这本书里，我们强调了超弦理论对物质提供了统一的描述。我们的注意力集中于亚原子粒子，像夸克、轻子、杨—米尔斯粒子、胶子和其他粒子在性质上的巨大差异，以及如何将它们看作是超弦的不同振动。在同一套书的另一卷《超空间》中，米切奥会集中精力于空间和时间的性质上，特别是并存宇宙的可能性，时间的扭曲，以及第十维等问题。

我们为物理学中新的突破感到激动，并且我们希望我们写了一本既

有权威性又有趣味性的书。简而言之，一本米切奥童年时希望读到的书。

纽约，威廉姆斯城，麻州
米切奥·卡库 詹妮弗·汤普逊

目 录

引言	001
----------	-----

第一部分 一个解释世界的理论

第一章 超弦：解释一切的理论?	003
第二章 统一的探索	016
第三章 量子之谜	033
第四章 无穷大之惑	051
第五章 顶夸克	070

第二部分 超对称性和超弦

第六章 超弦理论的诞生	079
第七章 对称性：缺少的联系	096
第八章 超对称	111

第三部分 超越第四维

第九章 大爆炸之前	127
第十章 暗物质的秘密	140

第十一章	宇宙弦	150
第十二章	到另一维空间去旅行	157
第十三章	回到未来	172
第十四章	超越爱因斯坦	185

第一部分 一个解释世界的理论



第一章 超弦：解释一切的理论？

一个新的理论正在动摇着现代物理学的基础，很快地颠覆着那些有关我们宇宙的受人喜欢然而却陈旧过时的概念，并代之以有着慑人的美丽和优雅的新的数学。尽管这一理论目前仍有一些尚未解决的问题，但它在物理学家当中引起的兴奋，人们明显可以感觉得到。在全世界，物理学界的领袖们声称我们目睹着一种新的物理学的诞生。

这个理论称为“超弦”，过去十年里物理学中的一系列惊人的突破在它的发展中累积了起来，表明我们有可能终于接近了统一场理论：一个能够统一世界中所有已知的力的综合的数学框架。

超弦的鼓吹者们甚至声称这个理论会是终极的“解释世界的理论”。

虽然物理学家们在接近新思想的时候常常小心翼翼，普林斯顿大学的物理学家爱德华·威敦仍声称，超弦理论将会在未来的 50 年中主导物理学界。他最近说：“超弦理论是一个实实在在的奇迹。”在一次物理学会议上，他宣称我们正在经历一场与量子力学的诞生同样伟大的物理学革命，这使听众大为惊奇。他还说：“这可能会让人们对什么是真正的时间和空间产生新的理解，是自广义相对论以来最为激动人心的变化。”^[1]

甚至一贯对科学家的声言谨慎地不作夸张的《科学》杂志也将超弦理论的诞生与圣杯的^[2]发现做比较。《科学》杂志认为，这场革命“不亚于在数学中由实数向复数的转化”。^[3]

这一理论的两位创建者，加州理工学院的约翰·薛瓦茨和伦敦玛丽女

王学院的迈克尔·格林，也半开玩笑地将它称为“能解释一切的理论”。^[4]

位于这种兴奋之情中心的，是这样的一种认识，即超弦可以提供一个能够对所有已知的物理现象做出解释的综合性理论，这些现象大至星系的运动，小至原子核内部的动力学。这个理论甚至就宇宙的起源、时间的起点以及多维宇宙的存在做出令人惊异的预言。

对一个物理学家而言，能够把有关我们的物理世界的信息大仓库总结成为一个理论，这样的想法令人陶醉，这些信息是在几千年的仔细探索中痛苦地积累起来的。

比如，德国物理学家就曾编辑过一本百科全书，《物理学手册》，那是一部总结了全世界物理学知识的详尽无遗的著作。这部在图书馆中可以占据整整一个书架的《手册》，代表了当时科学知识的顶峰。如果超弦理论是正确的话，这本百科全书中包含的所有信息就能够（在原则上）从一个方程中推导出来。

物理学家之所以特别为超弦理论所激动，是因为它可以迫使我们修正我们对物质世界本质的理解。从希腊时代起，科学家就曾假设构成宇宙的基本单元是一些微小的点粒子。德谟克里特创造了原子这个词来描写这些终极的、不可摧毁的物质单位。

然而，超弦理论却假设物质的基本单元是由一些微小的、振动着的弦所组成的。如果正确的话，就意味着所有物质中的质子和中子最终都是由弦所组成，从我们的身体到最遥远的星体中的一切都是如此。没有人看到过这些弦，因为他们太小而无法观察。（他们比质子还要小1万亿亿倍。）根据超弦理论，我们的世界看上去只像由点粒子所组成，因为我们的测量仪器过于粗略，看不到这些微小的弦。

初看之下也许有点奇怪，一个如此简单的概念——将点粒子用弦来代替——就能解释自然界中丰富的粒子和（由粒子交换而产生的）力的多样性。然而，超弦理论是如此优美而具有综合性，它可以简单地解释为什么宇宙中存在着数以万亿计的不同类型的粒子和物质，每一种又在





其特点上具有令人惊异的巨大差别。

超弦理论可以产生关于自然的一个相互关联而又包容一切的图像，类似于小提琴的琴弦能够用来“统一”所有的音调和和弦规则。在历史上，音律的表达经历了千百年来各种乐声的试错探索。今天，这些不同的规则可以从一个单一的图像容易地推出，也就是说，一根弦可以用不同的频率振动，每一种都会在音阶上产生不同的声调。在振动的琴弦上产生的声调，比如像C大调或者降B大调，本身不比任何其他的音调更加基本。真正基本的是这样一件事情，即只用一个概念，振动的弦，就可以解释和音律。

因此，知道了琴弦的物理规律，会使我们了解关于音调的基本理论并允许我们预言新的和声与和弦。类似地，在超弦理论中，自然界里发现的基本力和各种粒子也只不过是振动弦的不同模式而已。例如，引力相互作用就是由一条封闭弦（一个圈）的最低振动模式引起的。弦的更高阶激发产生物质的不同形式。从超弦理论的观点来看，没有一种力或者粒子比其他的力或者粒子更为基本。所有粒子只是各种振动弦的不同振动形态。因此，单单用一个框架——超弦理论——就能够在原则上解释为什么在宇宙中有这么丰富多样的粒子和原子。

对“物质是什么？”这个古老问题的回答其实很简单，物质是由粒子组成的，粒子是弦的各种不同的振动模式，就像G或者F音符。由弦所产生的“音乐”就是物质本身。

但是整个世界的物理学家对这个新理论感到如此兴奋的根本原因在于，它看来能解决也许是本世纪最为重要的科学问题：即如何将自然界的四种力统一到一个综合的理论中。处于这一巨变的中心的是这样一种认识，即统治我们宇宙的四种基本力实际上只是由超弦主宰的一种统一的力的不同表现形式。

四 种 力

所有可以移动物体的东西就是力。比如磁性是一种力，因为它能让指南针转动。电是一种力，因为它能让我们的头发直立起来。在过去的 2 000 多年里，我们逐渐认识到四种基本力的存在：引力、电磁力（光），以及两种核力——弱力和强力。（其他被古人认识的力，如火和风，都可以用这四种力来解释。）我们的世界中一个最大的科学难题是，为什么这四种力看起来如此不同。在过去的 50 年中，物理学家们尽力地尝试解决这一问题，想将它们都统一在一致的图像下。

为了帮助您欣赏超弦理论在物理学家中所引起的兴奋，我们会花些时间来描述各种力，并让您看看它们是如何地各不相像。

引力是一种让太阳系结合在一起，将地球和行星保持在各自的轨道上，并阻止恒星爆炸的吸引力。在我们的宇宙中，引力是一种主宰的力量，它延伸到亿亿英里之外，比最远的星体还要远；这种让苹果落地、使我们双脚踩在地上的力，与整个宇宙中主导银河系运动的力是同一种力。

电磁力让原子结合在一起。它使（带负电的）电子围绕带正电的原子核运动。由于电磁力决定电子轨道的结构，它也支配着化学定律。

在地球上，电磁力常常强得足以超过引力。比如摩擦一把梳子就能够吸起桌上的纸屑。电磁力抵消向下的引力，并且直到 0.0000000000001 英寸的尺度（大致是原子核的尺寸）上超过其他的力。

（也许电磁力最为熟悉的形式就是光。当原子被扰动时，电子绕原子核的运动就变得不规则，电子就会发送出光或是其他形式的辐射来。X 光、雷达、微波或是可见光是电磁辐射最为纯粹的形式。无线电和电视也只是电磁力的不同形式而已。）

在原子核的内部，电磁力受到弱力和强（核）力的压制。比如，将质子和中子在原子核内束缚在一起的就是强力。在任何一个原子核中，